



TITLE:

木材の質的生産技術に関する研究： (1) ボタン材について

AUTHOR(S):

大迫, 靖雄; 堤, 利夫; 野淵, 正; 森田, 学

CITATION:

大迫, 靖雄 ...[et al]. 木材の質的生産技術に関する研究 : (1) ボタン材について. 京都大学農学部演習林報告 1972, 44: 159-175

ISSUE DATE:

1972-12-25

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/191531>

RIGHT:

木材の質的生産技術に関する研究

(1) ボタン材について

大迫靖雄・堤 利夫・野淵 正・森田 学

Studies on the forest management from the viewpoint of wood quality

(1) On BOTAN-wood

Yasuo OHSAKO, Toshio TSUTSUMI, Tadashi NOBUCHI
and Manabu MORITA

目 次

1. はじめに	160	4. ボタン発生の原因について	163
2. スギ林調査の結果	160	5. ボタン材の機械的性質	164
2-1 調査林分の状況		5-1 実験	
2-2 ボタン発生度と地位		5-2 結果および考察	
2-3 樹形との関係		6. ボタン材問題の歴史的技術構造	169
2-4 ボタンの樹幹における垂直分布		文 献	171
3. ボタン材の光学顕微鏡による観察	162	Résumé.....	171

要 旨

1. 材に発生する異常な着色現象を京都府京北町ではボタンとよんでいる。これは節を中心にして上下に細長く紡錘状に発達し、材価を低下せしめる。
2. 京北町のスギ林において、ボタン発生の原因、性状をしらべ、その対策を考えた。
3. ボタンの発生は環境によるというよりもむしろ、保育とりわけ枝打ちに関係が深いとみられる。
4. 光学顕微鏡による観察によれば、ボタンは材に外傷を与えた場合におこる人工心材の形成と類似の現象と推定された。
5. ボタン材の機械的性質として強度的性質、破壊面の顕微鏡的観察、X線強度試験をおこなった結果、一般にボタン材の値が同一材中の辺材、心材に比較してわずかに劣ることが明らかとなった。ただ、正常なスギ材の機械的性質の面からのみ比較すると、ボタン材のそれは材料として使用することに問題はないといえる。
6. ボタン材の出現そのものは物理的生理的現象といえるが、現実にはそれが問題化するのは地域林業の歴史的な技術の展開構造に規定されている。京北町林業における施業技術の展開を吉野林業のそれと比較するとき、問題は鮮明となる。後者では欠陥材の市場出現が歴史的な施業技術体系のなかで、相対的にカバーされていることを知るのである。

1. はじめに

スギその他の材に異常な着色現象がみられることがある。京北町ではボタン、ボタン材とよんでおり、材の横断面（木口面）上に、ある程度角ばった不規則な形をした着色部分としてあらわれ、激しいときには互に連絡してボタンの花びら状になる。柾目や板目では細長い紡錘状となり、長さ1 m に達することがある。

これは普通の心材化にともなう着色現象とは異なって、年輪とは無関係に心材、辺材のいずれにもみられる。色は必ずしも一定していないが、辺材では鈍い淡黄褐色、灰青色などであり、心材は概して鈍い黒色を呈することが多い。

このような異常な着色現象は材の美観をそこなうばかりでなく、腐朽を連想させることから商品価値を低下させ、京北町のスギ林業にとって重要な問題となりつつある。

この研究は京北町の協力と援助の下にボタンの発生の原因を明らかにし、そのうえで現在とりうる対策を求めようとしたものである。本報告の2・3・4章は主に堤・野淵が、5章は大迫が、6章は森田が分担した。

2. スギ林調査の結果

この地方では従来、ボタンの発生原因について、環境、保育技術など様々の考えが伝えられているが、いずれも確たる証拠はない。

そこで、ボタンが何故発生するのかを求めるため、伐期に達したスギ林について、約50本、個体別に外部形態と生育場所、ボタン発生率などとの関係を調べた。また、ボタン材の組成、強度についての解析をも行なった。

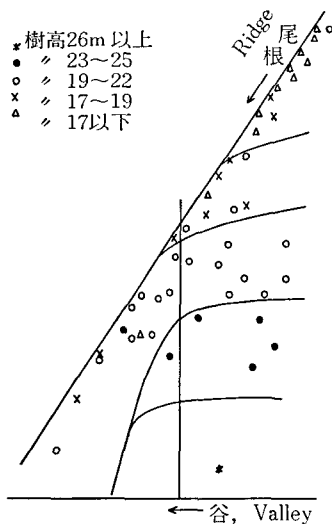


図-1 樹高の分布図
Fig. 1. Distribution of individual tree and tree height.

2-1. 調査林分の状況

京都府京北町宇津所在の林令50年のスギ人工林である。

立木密度は極めて疎である。後述するように枝下率の小さい個体が多いことから完全に閉鎖を保って生育した林分とは考えられない。

北東に向って平野部に突出した明確な尾根と、西北に向って僅かに発達した尾根によってはさまれた、ほぼ北向きの急斜面と、この2つの尾根が合流した後、南へ向ってのびる尾根部分との2つの部分から成っている。

個体の樹高をもって地位をあらわすものとして樹高の分布をみると図-1のようである。

すなわち、この林地では地形と対応して樹高14 m から27 m までの地位差がみられる。

2-2. ボタン発生度と地位

この地方では従来、ボタンの発生は生長のよい谷筋に多く、生長の悪い峯通りには少ないといわれている。そ

こでボタンの発生度と地位との関係をしらべた。

ボタンの発生度の測定方法はつぎのようである。それぞれの個体について、原則として4 mごとに玉伐りされたその玉ごとに、末口断面にあらわれたボタンの長径、短径を測定し、断面ごとに合計してボタン面積とした。これをその木口面積で割るとボタン面積率が求められる。

後述するように、同じ個体の中でもボタンの発生度は樹幹の位置によって垂直的に異なっている。そこで個体のボタン発生度をきめるために、それぞれの個体についてボタン面積率の最大値を基準とした。個体ごとのボタン発生度はその面積率で10%以下、10~25%、20~40%、40%以上の4つに分類し、それぞれ少ない、やや少ない、やや多い、多いとよぶことにする。

このようにして求めたボタン発生度の分布は図-2のようである。

この図を図-1の樹高分布と比較すると、ボタン発生度が地位と明らかな関係をもつとはいえない。

このことは各個体の幹材積（直径の自乗に樹高を乗じた値で示した）とボタン発生度との関係を示した図-3においても、同様に認められる。

すなわち、ボタンの発生は地位や個体の生長の良否と関係しておこるとはいえないように思われる。

2-3. 樹形との関係

個体ないし林分の過去にうけた保育作業の反映として樹形をとらえ、それを枝数、枝下高、枝の太さであらわした。

枝数としては、枝下から4 mの部分の枝数であらわし、枝の太さは原則として最下枝のそれで代表した。また、枝下高/樹高(%)を枝下率としてあらわした。

枝数と4 m高における直径(D_4)との関係におけるボタン発生度を図-4に、枝下率と枝直径との関係におけるボタン発生度を図-5に示した。

図-4によれば、発生率の少ないものは枝数、直径に無関係であるが、発

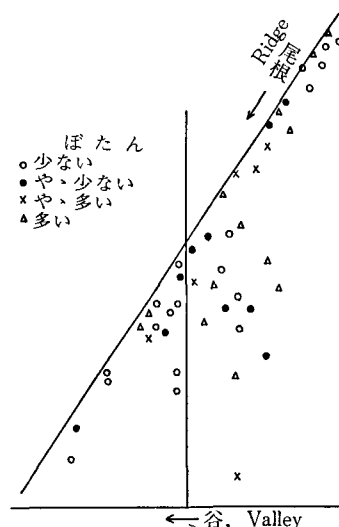


図-2 ボタン発生度の分布

Fig. 2. Distribution of individual tree and degree of BOTAN.

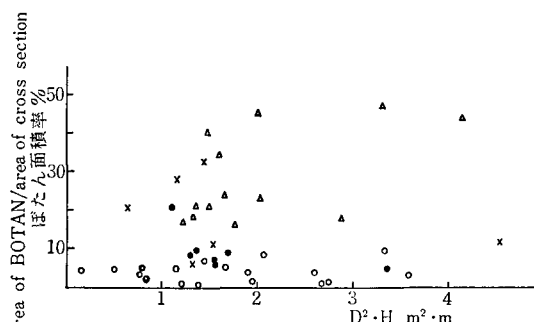


図-3 ボタン発生度と材積（凡例、図-2に同じ）

Fig. 3. Relationship between stem volume and degree of BOTAN. (notes; same as Fig. 2.)

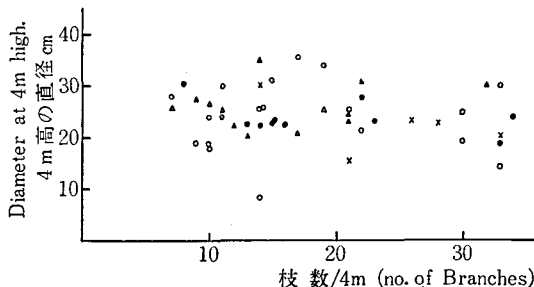


図-4 枝数、直径との関係におけるボタン発生度（凡例、図-2に同じ）

Fig. 4. Relationship between number of branches, stem diameter and degree of BOTAN. (notes; same as Fig. 2.)

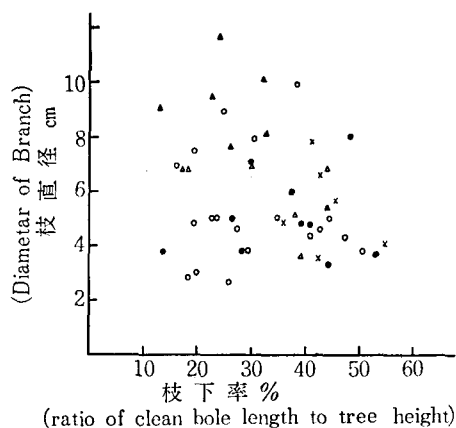


図-5 枝下率、枝直径との関係における
ボタン発生度（凡例、図-2に同じ）
Fig. 5. Relationship between ratio of clean bole
length to tree height, branch diameter and
degree of BOTAN. (notes; same as Fig. 2)

生の多いものは枝数の少ない方にやや偏っている傾向がみられる。この場合、4 m 高における直径の大小との関係はみられない。従って、小径木であるがゆえに枝数が少ないような個体にボタンが多発するのではなく、何らかの原因で枝数が少ないものに多発しやすいという傾向があるとみるべきであろう。

図-5によれば、枝下率はほぼ15~55%の間の広い範囲に分散し、枝下率の小さいものが意外に多い。そして枝下率が小さく、枝直径の大きい部分に発生度の多いものが集中する傾向を示している。

2-4. ボタンの樹幹における垂直分布

樹幹の中でボタンの発生は垂直的に変化している。発生度ごとにまとめて垂直分布を示したものが表-1である。

表-1. ボタン発生度の垂直分布（面積比率 %）
Table 1. Vertical distribution of BOTAN in stem.

ボタン発生度 Degree of Botan	地上高 Height from ground level						
		0~4 m	4~8 m	8~12 m	12~16 m	16~20 m	20~24 m
多い	high	26.4	36.2	31.5	8.3	8.3	0
やや多い	medium high	21.7	12.5	19.3	10.4	2.3	0
やや少ない	medium low	6.5	14.0	6.9	4.0	0	
少ない	low	3.4	3.3	2.6	2.0	0	
mean		12.2	16.2	13.2	5.3	2.4	0

最も発生度の多いのは2番玉であって、最も多いグループでも4番玉をこえると発生度はずっと少なくなってしまう。

すなわち、一般的に言えば、ボタン発生は枝下の部分で多く、樹冠内ではほとんど発生しないといえる。

3. ボタン材の光学顕微鏡による観察

ボタン材の肉眼的観察と同時に光学顕微鏡による観察をおこなった。まず辺材からボタン材にいたるまでの無処理切片（厚さ約20 μ ）を検鏡したところ、ボタン材部切片において放射柔細胞中に着色物質が存在し、また同様の着色物質が仮道管中にも存在した（Photo. 1）。つぎに、形成層から材の内部にいたるまで生活が続けていると考えられている放射柔細胞の原形質的な内容物を観察するために、辺材およびボタンを含む木片を、FAA液（ホルマリン、酢酸、アル

コール液)で固定後切片を取り、サフラニン—ライトグリーンで二重染色して検鏡した。この方法によると細胞内部とりわけ核の存在状態を見ることができ、その形態から細胞のおおよその生活状態を判断することができる。辺材中の長楕円形ないしは楕円形を示している核 (Photo. 2a) が、辺材—ボタン材の境界で丸い小さな核に変化し (Photo. 2b)、ボタン材部ではそれらの残骸状と見られる形態を示すにいたる。ここに見られる核の変化過程は、辺材からボタン材にかけての放射柔細胞の死にいたる過程を示しているものと思われる。すなわち、辺材中で生活を続けている放射柔細胞が、辺材——ボタン材の境界で死にいたり、その過程の中で放射柔細胞中に着色物質が形成され、仮道管中にも広がるものと推定される。この着色物質の放出ならびにその後の化学変化により、ボタン材の着色は生じているものと考えられる。

以上のボタン材の光学顕微鏡による観察結果は、立木樹幹に“生長錐で水平方向に穿孔する”などの人為的な傷を作ることにより、心材類似の着色部を辺材中に形成させる試み——人工心材の形成——における観察ときわめて類似の結果を示している。人工心材の形成に関しては、樹幹に存在する傷のために放射柔細胞の死が早められ、その結果辺材中に着色部が形成されるものと考えられており、このように立木の内部における放射柔細胞の壊死過程を通して材が着色化するという点において、ボタン材の発生は人工心材の形成に類似の現象と推定される。

4. ボタン発生の原因について

すでにのべてきたように、ボタンの発生は地位の良否、生長の遅速に関係するというよりも、むしろその生育過程あるいは保育過程と密接な関係をもっているようにみえる。すなわち、枝下が低く、枝が太く、枝数が少ないもの、たとえば偏面樹冠をもつような個体にボタンが多発しやすい傾向がある。

一般にボタンは節を中心として上下に細長く紡錘状に発達している。それ故、枝数の少ないものに多いということは現存する生枝に問題があるというよりは、比較的に太い枝の枯死、枝打ちにともなっておこるものであると推定されるのである。

樹幹におけるボタンの垂直分布において、一般に2番玉に最も多く、樹冠内部では極めて少ないという事実もまた、ボタンの発生が枝の枯死、枝打ちと関係があることを示す一つの根拠といえよう。

生枝枝打ちにともない切傷面に沿い材部に変色現象を生じ、傷を与えた場合には上下に拡大することが知られている。そしてこの変色現象は傷口面より侵入した菌によるものではなくて、切断に際して枝基部に加えられた機械的な力に基因するものとされている。枯枝の場合、基部に保護層を形成し腐朽しにくいとしても、枯枝打ちによって裂目が生じると、同様に変色をひきおこすといわれている。

また、ボタン材の光学顕微鏡による観察によれば、材における放射柔細胞の壊死過程を通して材が着色するという点において、材に外傷を与えた場合におこる人工心材の形成と類似の現象と推定された。

後述するように、強度試験の結果においてボタン材の強度の変化は腐朽によるものとはいえないから、菌の侵入による着色現象であるとはいえない。

これらの事実から、ボタンは樹幹に与えられた外傷——最も一般には比較的に太い枝の枯死、枝打ちにともなって生じた裂目——を契機としておこる着色現象であると推定される。それ故、ボタンの発生を予防するための保育作業としては幼壮時における閉鎖の維持 (自然落枝の促進) としていねいな枝打ちとが要求される。

5. ボタン材の機械的性質

ボタン材は心材，辺材が変色しており，出荷する場合，不利な条件となっている。通常建築材として使用される木材の場合，このような色の問題は重要な因子となるが，最も重要なことは木材の材質，特に材料的な欠点とそれにもとづく強度的な問題であろう。そこで，ここに出現する「ボタン」という現象がはたして木材の材料としての欠点なのかについて考えてみる必要がある。「ボタン」の発生ならびに現象については前章で述べられたので，ここではボタン材の強度的問題に限って述べていきたい。

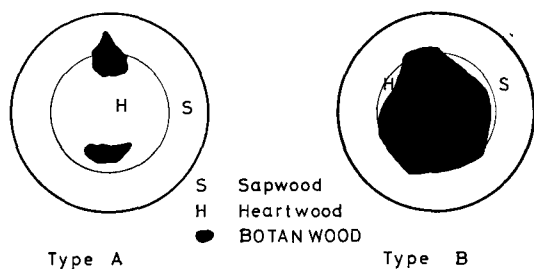


図-6 ボタン材出現の型を示す模式図

Fig. 6. Occurrence type of BOTAN wood on sample tree.

5-1. 実験

本調査の対象となったスギ材 (*Cryptomeria japonica* D. Don) でのボタン材の出現には Fig. 6 で示すような二つの異なった型の存在があきらかとなった。そこで強度試験用供試木として，この2つの型（都合これをA型，B型とする）のものをを使用した。試片の作成場所をはっきり示すため，各試片を記号であらわ

す。すなわちボタン出現状態A型の供試木を No. 34（野外測定でつけた番号），B型の供試木を No. 17 と呼び，各材の高度にしたがって1番玉，2番玉……（1番玉は根元から4mの高さまで，2番玉は4mから8mの高さまで……）の玉切り番号を供試木番号のあとにつける（例えば，ボタン出現状態がB型で，その1番玉から試片を作成した場合記号は17-1となる）。なお供試木状態は Table 2 に示す。

表-2. 供試木の性状

Table 2. Sample trees condition, species; Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don)

Specimen No.	No. 17	No. 34
Tree height (m)	23.2	17.3
Clear length (m)	4.2	4.1
Diameter of largest spreading branch (cm)	7.6×6.0	5.6×4.4
Average branch number (N/4m)	14/4	14/4
Breast-height diameter (cm)	42.3	31.2
Annual ring number	48	48
Width of heartwood (mm)	180×220	120×130
Color of heartwood	black	red
Occurrence ratio of Botan wood (%)	44.24	5.11
The note	<ul style="list-style-type: none"> · edge tree · floor-joist · bark pocket · thick branch (++) 	<ul style="list-style-type: none"> · edge tree · groove (+) · pitch pocket · thick branch (+)

実験として、第一に JIS Z 2111-63, 2112-63, 2113-63, 2116-63 にしたがって縦圧縮 (試片寸法: $20 \times 20 \times 40$ mm), 縦引張, 曲げ ($20 \times 20 \times 320$ mm), 衝撃曲げ ($20 \times 20 \times 300$ mm) に関する強度試験をおこなった。試片は上記2つの型の供試木の辺材, 心材, ボタン材の各々から作成し, 各試片とも節あるいは, あきらかな割れ等の欠点は含まないものとした。さらに試片は試片作成後, 試験実施まで10日間室内で乾燥をおこなった。なお同一条件では各条件とも5個の試片について試験をおこなった。ボタン材出現状態B型の供試木は多くのボタン材を含んでいるので紙片作成は比較的容易であったが, A型の供試木はボタン材の割合が少なく, しかも点在しているのでボタン材のみで試片を作成することは困難であった。そこで強度試験によって破壊がおこる部分にボタン材が位置するように試片を設計した。

第二の実験として, 引張, 衝撃曲げ試験で破壊された辺材, 心材, ボタン材の破壊面を走査型電子顕微鏡(日本電子製)で撮影した。本実験で使用される顕微鏡写真は主として, 供試木 No. 17 の春材で測定面は木口面, 測定方向は Fig. 7 で示すように傾斜角 30° の方向である。

第三の実験として, 供試木 No. 17 の辺材, 心材, ボタン材から200メッシュの木粉を作成し, $2\theta = 10^\circ \sim 30^\circ$ の範囲でX線回折試験をおこないX線強度曲線を得た。試験条件は Table 3 に示す。

5-2. 結果および考察

a. 機械的性質

各条件での試片について, その機械的性質を Table 4 に示し, さらに比較

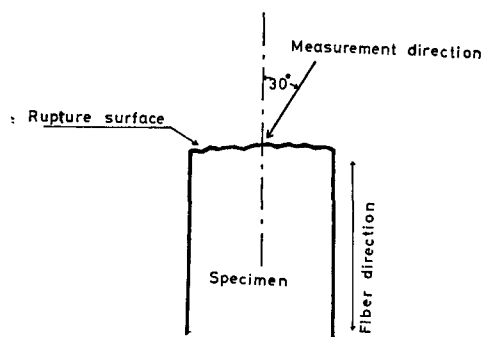


図-7 走査型電子顕微鏡での測定方向

Fig. 7. Measurement direction by scanning electron microscopy.

表-3. X線試験条件
Table 3. X-ray condition

X-ray target	CuKr
Tube voltage (Kv)	40
Tube current (mA)	50
Divergence slit angle (deg.)	1
Scatter slit angle (deg.)	1
Scan speed (deg./min.)	2
Chart speed (mm/min.)	20
Full scale (cps)	4,000

表-4. ボタン材の物理的性質

Table 4. The physical quantity^{*1} of BOTAN wood

Specimen	Specific gravity	Compression strength (kg/cm ²)	Bending strength (kg/cm ²)	Tensile strength (kg/m ²)	Absorbed energy in impact bending (kg·m/cm ²)	Moisture content (%)	Annual ring width (mm)
17-1 (S) ^{*2}	0.31	209	411	714	0.42	9.1	3.8
17-1 (B)	0.34	193	409	478	0.39	10.5	4.6
17-1 (H)	0.31	257	439	474	0.44	10.9	4.9
17-2 (S)	0.35	324	594	649	0.38	8.5	4.3
17-2 (B)	0.38	290	511	363	0.40	9.0	4.2
17-2 (H)	0.35	314	529	454	0.42	10.0	5.1
34-2 (S)	0.29	316	553	749	0.45	7.6	2.4
34-2 (B)	0.36	299	498	724	0.29	8.9	3.5
34-2 (H)	0.30	302	594	675	0.35	8.1	5.0

^{*1} The experimental results shown are the average of five measurements.

^{*2} S; sapwood, B; BOTAN wood, H; heartwood

表-5. スギの正常材の物理的性質

Table 5. The physical quantity of normal SUGI wood¹⁾
(*Cryptomeria japonica* D. Don)

Specific gravity	0.30~0.38~0.45	
Compression strength (kg/cm ²)	※1 $\bar{x}=350$,	※2 $x_{min}=250$
Bending strength (kg/cm ²)	$\bar{x}=650$,	$x_{min}=500$
Tensile strength (kg/cm ²)	$\bar{x}=900$,	$x_{min}=700$
Absorbed energy in impact bending (kg·m/cm ²)	$\bar{x}=0.35$	$x_{min}=0.20$

※1, \bar{x} ; the average, ※2, x_{min} ; the minimum

のため、スギの正常材の値を Table 5⁸⁾ に示す。

まず各値について、その結果を述べる。

圧縮強度についてみると、試片番号 17-1 の値が他の試片と比較して小さいことが示されている。この結果はボタン材の欠点というより、試片作成場所に依存するものと考えられる。すなわち Table 2 であきらかなように供試木 No. 17 には根バリが観察されている。この影響が一番玉にあらわれたと考えられる。

ボタン材の値と辺材、心材の値を比較してみると、各試片ともにボタン材で最も小さい値を示すが、その差はそれほど大きくない。

曲げ強度の場合も圧縮強度の場合と同様、試片 17-1 の値が低いことが観察される。この理由も圧縮強度の場合と同じと考えられる。ボタン材の曲げ強度についてみると、いずれの場合も辺材、心材との値の間に差があることが観察され、その差は、特に供試木 No. 34 に著しい。

引張強度の非常に大きな特徴は、供試木 No. 17 の場合、辺材の値と心材、ボタン材の値との間に大きな差があるのに対して、供試木 No. 34 については、そのような特徴的な差（ボタン材特有な値）があるとは思えない。

衝撃曲げ吸収エネルギーの値は上記いずれの値よりも、はっきりとボタン材の値が心材、辺材の値に比較して低下することを示しているといえよう。

比重についていえば、いずれの場合もボタン材が最も大きな値を示しているといえよう。

さらに含水率は試片を暖房をほどした室内に試片作成後 10 日間放置していたので、かなり低い値を示す。しかしながら一般にボタン材といわれる部分は、乾燥速度がおそく、供試木 No. 17 の心材ならびにボタン材は試片作成時、すでに伐採後かなりの時間が経過したにもかかわらず、他の部分に比較してかなり高い含水率を示していた。

以上述べた各材の強度的な性質の結果からボタン材と心材、辺材との間に強度差がみとめられた。特にその傾向は曲げ強度、衝撃曲げ吸収エネルギーの値に顕著であった⁹⁾。このことから、ボタン材が他の部分と比較して靱性 (toughness) が劣ることが推定される。ところでこのような傾向について考察するために、木材の強度におよぼす欠点を考えてみる必要がある。

木材の強度におよぼす欠点、特に立木中に形成される欠点は、節、あて材、交走木理、乾燥割れ、目割れ、霜割れ、やにぶくろ、入皮、金条、腐朽等々多くの場合が考えられる¹⁰⁾。前章で述べたように、ボタン材の原因は死節、入皮等物理的ダメージによると考えられる。しかし、本実験に使用されるボタン材を含むスギ材については、実験の項で述べたように、試片中にいわゆるあきらかな欠点（節とかあて等）は含まれない。そこでこの実験におけるボタン材の欠点として、その変色状態から予想される腐朽、金条あるいはきわめて小さな乾燥割れ等を考慮すればよいと考える。そこで最も問題となる腐朽のデータとの考察をこころみる。

腐朽によって木材の強度が低下することは充分予想されるが、これに関して、高橋らは腐朽菌¹¹⁾

を変えて、ブナ、スギを腐朽させ、腐朽の進行と強度の関係を述べている。その結果は、曲げ強度>横圧縮>縦圧縮（引張強度についてはあきらかな値を得ていない）の順序で腐朽の影響を受け、その傾向はスギにおいて特に著しく、比重の減少をともしなわれないほど初期の腐朽状態でも強度の低下がみとめられている。本実験の結果からボタン材と辺材、心材の曲げ強度の差がみとめられており、その差は特に供試木 No. 34 で大きい。さらに衝撃曲げ吸収エネルギーにおいても同様な傾向が曲げ強度よりはっきりと示されている。この結果は上記腐朽材のデータと同じような傾向を示し、ボタン材での欠点¹²⁾が推定される。ただこの傾向は供試木 No. 17 について No. 34 ほど顕著でない。これは一つにボタン材の定義に問題があるとも考えられる。すなわちB型のボタン材は黒心あるいは焼木といわれるものと同じように主として心材の変色と考えても不都合でないのに対して、A型のボタン材は他の部分との間にあきらかな色の差が存在している。いわゆる明確なボタン材である。このことから曲げ強度、衝撃曲げ吸収エネルギー値のボタン材での減少はボタン材の欠点とも考えられる。

また曲げ強度、衝撃曲げ吸収エネルギー値で供試木 No. 34 ほどボタン材と辺材、心材の差をあらわさなかった No. 17 の場合、引張強度値の差が心材・ボタン材と辺材とで著しい。これもボタン材出現の状態による差と考えられる。すなわちB型の場合は、大部分のボタン材と心材がかさなっており、ボタン材、心材の差があまりなく、ボタン材の出現率が非常に高い。勿論前述したように、本実験に使用される試片にあきらかな欠点は含まれないが、ボタン材が多いことは、その発生の原因となる節の影響がつよいことが推定される。そこでこの引張強度の低下を節の影響と考えるなら、O. Graf¹²⁾による節の状態と引張強度の関係によく一致する。また No. 34 の引張強度にボタン材と他の材に変化が認められないのは、この場合ボタン材の原因が一つもしくは少数の節によると考えられ、節の影響は No. 17 と比較して小さいと考えられる。

さらにボタン材の比重値はいずれも一番大きいことを示しているにもかかわらず、強度的性質が辺材、心材に劣る結果は比重と強度の一般的関係に一致しない¹³⁾。したがってこれは前章で述べたように、ボタン材に内容物が存在し、そのため比重は増加しているが、強度的にその内容物は補強物質でないことを意味しているといえよう。

いずれにしてもボタン材は、心材と比較して機械的性質がやや劣っているといえよう。

しかしながら試片番号 17-1 の根ばりの影響を受けるもの以外は、Table 5 の正常なスギ材と比較して、いずれの性質も材料として使用に耐えられない状態ではないといえよう。さらに慎重をきすため長時間荷重（クリープ）、劣化等に対する抵抗を考える必要がある。

b. 破壊形態

引張破壊 Photo. 3 に引張試験で破壊した供試木 No. 17 の心材、辺材、心材に存在するボタン材の破壊状態を示す。勿論この状態から、破壊形態と機械的性質との関係を考察することは困難である。そこで機械的性質を細胞のレベルで考察するため、心材、辺材、ボタン材各々についての破壊面の走査型電子顕微鏡写真を Photo. 4 (a)~(c) に示す。ここに示される走査型電子顕微鏡写真はいずれも供試木 No. 17 の引張強度試験をおこなったものの春材の破壊面を示している。以下辺材、心材、ボタン材での特徴を述べる。

Photo. 4-(a) であきらかなように、辺材の仮道管膜は、力の方向に角度をもった迂回的な破壊面を持って破壊しているのに対して、同じ春材であるが心材での仮道管膜は Photo. 2-(b) であきらかなように力の方向にほぼ直角に破壊され、脆性 (brittle) 破壊の形態を示している¹⁴⁾。また Photo. 4-(c) に示されるボタン材は破壊面をみるかぎりにおいては、両者の中間に位置しているように思われる。さらに辺材では、仮道管膜間にわずかにせん断による分離が観察されるが、

破断面は比較的きれいであるのに対して、ボタン材では、辺材ほど破断面がきれいではなく、破断面近辺での仮道管膜上の割れや、仮道管膜間層のせん断による分離が多く観察される。このことからボタン材は辺材と比較して仮道管膜がダメージを受けているといえよう。また脆性的破壊形態が観察される心材の場合、破断面は辺材、ボタン材に比較してきれいではないが、ボタン材で観察されるような仮道管膜上の破壊は認められない。

参考までに、心材、ボタン材の夏材での破断面を Photo. 5 (a), (b) に示す。春材と比較すると、より脆性破壊が生じていることが観察される。

衝撃曲げ破壊

Photo. 6 に辺材、心材、ボタン材の衝撃曲げ破壊したものを示す。これも前述した引張試験の場合と同様に辺材、心材、そして辺材に位置するボタン材の春材での破壊面を走査型電子顕微鏡で撮影し、その結果を Photo. 7 (a)~(c) に示す。

Photo. 7-(a) の辺材の破壊面をみると、引張破壊と異なり、破壊面での仮道管膜が力の方向にやや折れまがっているのが観察され、仮道管膜もわずかではあるが変形している。これに対し Photo. 7-(b) で示される心材の結果は引張破壊と同様に脆性的破壊形態を示しており、破断面が不整いで、脆性な材料の曲げ破壊と類似している。しかし辺材に示された仮道管膜の変形はいちじるしくないが、膜間の破壊が観察される。

これに対してボタン材の破壊面は Photo. 7-(c) に示されるが、これは辺材、心材の破壊面と異なり、仮道管膜は座屈変形し、膜上に多くの割れが観察される。このことから、膜のダメージが他のものと比較して非常に大きいことが推定される。

以上の破壊面の顕微鏡的観察から、衝撃曲げ試験による仮道管膜の破壊がボタン材に著しいことが示された。さらにこの結果は衝撃曲げ吸収エネルギーが辺材、心材に比較して、ボタン材で低下するという機械的性質の結果と関係づけられよう。すなわち辺材、心材では衝撃曲げ吸収エネルギーは各仮道管を力の方向に曲げ破壊するために費いやされるのに対して、ボタン材では仮道管を曲げ破壊するのに必要なエネルギーに達する前のより小さなエネルギーで、仮道管膜が座屈し、それにともない仮道管膜上にわれが生じ、破断すると考えられる。そのような考えに基づくとボタン材が他の材に比較して、低い衝撃曲げ吸収エネルギーを持つことが理解されよう。

これに対して、引張試験での破壊ではむしろ辺材と心材の破壊形態が異なることが目につくのとボタン材の仮道管膜上の割れが観察されたが、この点は衝撃曲げ試験の場合ほど明確ではない。

ところで引張試験、衝撃曲げ試験ともに測定面は春材であるにもかかわらず、辺材と心材では破壊面の状態が異なる。すなわち破壊面は心材で非常に脆性 (brittle) 破壊形態を示すのに対して、辺材はむしろ延性 (ductility) 破壊形態を示すことが明らかとなった。これらのことから立木中の木材の組織形成時期と破壊の関係が推定され、春材あるいは夏材を一般化して論じることには問題があると考えられる。そこでさらに年代的 (年輪との関係) 考察が必要と思われる。

c. X線強度

もしボタン材の発生原因が腐朽等によるとすればX線強度曲線にも変化があらわれるはずである。そこで Fig. 8 に供試木 No. 17 のボタン材と辺材のX線強度曲線を $2\theta=10\sim30^\circ$ の範囲で示す。この結果はセルローズのピークにおいて、ボタン材のX線強度が辺材よりわずかに低い (ベースラインの高さで 26:29) ことが観察される。勿論ボタン材の着色現象は何らかの欠点と考えられるし、前述したようにボタン材は機械的性質においても、やや劣ると考えられ、このような値の差がでることは予想される。しかしながら木材の個体差等を考えると、このX線強度曲線の結果からボタン材、辺材のセルローズ結晶化度の差ならびにそれにともなう機械的性質

等の考察をはっきりと述べるのは問題があろう。

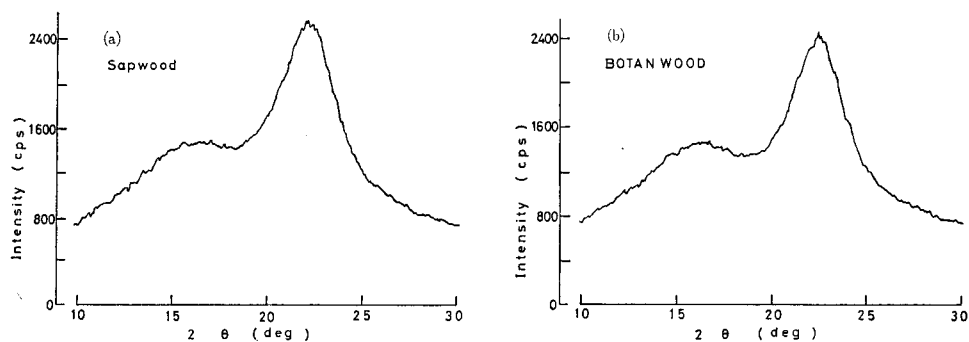


図-8 木粉のX線強度曲線 (a) 辺材, (b) ボタン材

Fig. 8. X-ray profile of wood powder.

Species: Sugi wood

(a) Sapwood (b) BOTAN wood

6. ボタン材問題の歴史的技術構造

これまでの検討を通じ、ボタン材はスギの生育過程において、何らかの物理的力が材に加わり発生する人工心材形成類似の現象もたらすものと推定され、それは保育、とくに技打に関係が深いといえるようである。とすれば、それはまず物理的、生理的現象であって、条件を等しくすればいずれのスギ材の場合でも発生する可能性があるということになる。

われわれはその意味で京北町林業と同一の市場圏（注1）にある吉野林業の場合について同様の現象があるかどうか予備的検討をおこなってみた。

既存の吉野林業に関する資料と奈良県指導所による調査および若干の聞取をもとにえた仮定的帰結は次の通りである。

1. 吉野林業の場合でも、ボタン材類似の現象はみられる。しかしそれは30年生前後の若令木でみられ、主伐木（60年生以上）では少い。地域的にみても吉野川流域材で発現率は低く、十津川流域材で高い。

2. このことは、ボタン材発生の可能性が一般的であるにも拘らず、そこでの育林生産技術構造によって現実のボタン材発現率が規定されているのではないか。

3. いずれにしてもボタン材を含めた材質差は具体的には市場価格の差として表現され始めてボタン材問題化するものであり、それは市場構造に規定されると考えられる。

奈良県林業指導所のおこなった調査によれば、吉野林業に包括される吉野川流域材と十津川流域材がそれぞれ出材の94%、81%を占めるA、B両市場の比較において――

1) 過去5カ年の販売実績ではA市場の販売単価がつねに県下原木市場のうち最高でB市場は最低であった。

2) 昭和39年における両市場の販売単価差は m^3 当り平均1,000円であったが、昭和40年では3,000円差に拡大した。

3) この価格差を径級別に検討すると、中小径材では+2～4%の較差拡大にすぎないが、大径材では10%におよんでいる。――などを指摘し「二つの原木市場の価格差は材質の影響を大きくうけており、その材質は保育形式の影響をうけていると考えられる」と結論している。

更にこの調査資料からスギ材について、両市場それぞれの昭和42年度月別、径級別、長さ別

単価の平均偏差を求めてみると、A市場では 3,255、B市場では 2,702 となり、材質差の価格実現はA市場でより大きいとみられる。

これらは、外材が木材供給の 55% (昭和 45 年) に達した事態に示されるわが国木材市場構造変化のなかで、奈良県原木市場においても、大径材と小径材および良質材と並材との価格差が拡大しつつあること、またその傾向は市場によって濃淡のあることを示している。いま、前述のように十津川材の動向 (B 原木市場の価格動向) を、それがボタン材類似の材を相対的に多く含むものとしてみれば、たしかにボタン材問題が、このような市場構造とその変化に規定されて顕在化するものということができる。

問題は生産される材質 (ボタン材の出現度) と育林生産技術構造との対応関係にある。

たしかに吉野川流域における密植 (ha 当り 1~1.2 万本)、間伐の繰り返し、長伐期 (60 年以上) と十津川流域の疏植 (ha 当り 4 千本) 短伐期 (40 年未満) などの保育形式に窺える技術構造の差が相対的な材質の良否を規定していることは推定可能である。しかし、これをボタン材に関わるものとして具体的に把えるとき困難が生ずる。

ボタン材の確認は立木の外見からは難しく、少なくとも伐倒後、より確定的には製材過程において始めて可能となる。従って、ボタン材発生 of 法則性を把握した上で定立された保育技術が良材生産を規定するといった関係でないことは確かである。それは恐らく長期的、歴史的な林業循環のくりかえし過程において沈澱し骨化された保育技術のみではなく、個別的な技能として施業担当者に体化された形で発現し、継承されるものとの総体で現実の良材生産を規定するものといえるであろう。

このような視点から京北町林業をみた場合、その育林生産技術構造に問題を見出すことができる。村尾行一は山国林業 (京北町林業の中心) の育林生産構造を分析して次のように述べている。¹⁶⁾「山国では『技打』がたしかに集約的におこなわれている。が、それは専ら材の通直完満、無節化を目的として行なわれており、したがって均一化は小径木の間伐のみによって実現せんとしている。要するに『技打』を『間伐』とのコンビネーションにより量的にも質的にも生産を高める種内競争技術としては充分に理解されていない。」「森林を森林生態系として把握せず林木の単なる集合体としてのみ処理する。——真の林分施業ではなく単木施業の集積なる状態から決して自由でない。量的にはある程度の水準をあげても、質的な側面に関する技術は確認されていない。」

前述の仮定によって、もし吉野林業 (吉野川流域) においてボタン材の出現が少く、京北町で多いとすれば、吉野林業の総体としての技術構造が京北町に比べ、より林分施業的であり、質的生産を指向するものであることを示すものといえまいか。

そしてこのような総体としての技術構造差は吉野林業の場合、古くから山元で樽丸などの加工がおこなわれ、施業者を介した良材生産を指向する保育技術へのフィードバックが可能であったのに対し、京北町の場合、山元での加工がおこなわれず (現地製材加工は漸く昭和 30 年代において始まる)、もっぱら素材生産販売を主体として展開し、保育技術へ質的生産を指向させる契機をもたなかった林業展開の歴史的構造に規定されたものといえるであろう。

ボタン材問題はこのような歴史的技術構造との関係においてその総体としての解明が可能となると思われる。とはいえ、以上は未だ仮説の域を出ず、今後、その実証を重ねることによって、林業の質的生産に関わる技術の解明を課題としたい。

(注 1) 京北町の林業は古来、京都嵯峨市場と結合、展開してきたが、昭和 36 年以降、奈良県市場との結合を深め、吉野林業と同一の市場圏に包摂されることになった。

引用文献

- 1) 山田常雄, 前川文夫, 江上不二夫, 八杉竜一編: 生物学辞典, 岩波書店, 1125 (1960)
- 2) Frey-Wyssling, A., Bosshard, H. H.: Cytology of the ray cells in sapwood and heartwood, *Holz-forsch.*, **13**, 5, 129, (1959)
- 3) 矢沢亀吉, 石田茂雄, 大谷 諄: 心材の人工形成に関する研究, 北大演報, **25**, 1, 9, (1967)
- 4) 野淵 正, 西口 修, 原田 浩: スギの人工心材の組織構造学的研究, 第 19 回日本木材学会大会研究発表要旨, 75, (1969)
- 5) 小出良吉: 枝打に関する研究, 第 2 報, 日林講, (1939)
- 6) Platzner, B.: Ergebnisse alter Kiefernästungen (III), *Forstarchiv*, 21, (1937)
- 7) 小出良吉: 枝打に関する研究, 第 3 報, 日林講, (1940)
- 8) 林業試験場編, 木材工業ハンドブック, p. 164, (1958) 丸善
- 9) 例えば小原嗣朗, 金属組織学概論, p. 130, (1966), 朝倉書店
- 10) F. Kollmann and W. A. Côté, Principles of wood science and technology. I solid wood, p. 79, (1968). Springer-Verlag
- 11) 高橋旨象, 西本孝一, 木材の腐朽機構に関する研究 (第一報) 腐朽にともなうブナおよびスギ材の変化, 木材研究, No. 41, p. 75 (1967)
- 12) 北原覚一, 木材物理, p. 147, (1966), 森北出版
- 13) 例えば F. Kollmann and W. A. Côté, Principles of wood science and technology. I solid wood, p. 292, (1968). Springer-Verlag
- 14) 例えばジョンウルフ編, 永宮健夫監訳, 材料科学入門 III 機械的性質, p. 138, (1967), 岩波書店
- 15) 奈良県林業指導所報告 No. 4, 昭 45. 2, 斉藤治蔵, 保育形式と素材価格について。
- 16) 村尾行一, 育林の生産構造, 林野弘済会, 昭 44. 1, p. 195

Résumé

1. The discoloration which develops in wood is called as BOTAN in district around Keihoku-cho, Kyoto Prefecture. The BOTAN develops vertically as long and slender strip centering around nodes, and it makes the value of timber decrease.

2. The studies aimed to clarify the mechanism of the development of BOTAN and some physical properties of BOTAN-wood in a Sugi (*Cryptomeria japonica*) stand at Keihoku-chō, and the writer discussed about some preventive measures against BOTAN.

3. It would be concluded that the environmental factors such as soil conditions and micro-climatic factors have no effect on the development of BOTAN, while the intensity of breeding, especially pruning and thinning are much effective.

4. Light microscopy of sapwood and BOTAN-wood showed that the necrosis of the ray parenchyma cells brought the discoloration of BOTAN-wood.

The discoloration of BOTAN-wood has a resemblance to the artificial heartwood formation.

5. As the results of some measurement on mechanical properties, microphotographs of rupture surface given on tension and impact bending test and X-ray profiles on BOTAN-wood, mechanical properties are somewhat inferior to those of sapwood and heartwood. Since the differences were slight, it would be permitted to use BOTAN-wood as timber as far as mechanical properties concern.

6. The occurrence of the BOTAN-wood is caused by the physiological process. They become troublesome in wood-market, especially in Keihokucho Town where the check system of the fault timber is less developed, while in Yoshino, one of the most developed forestry districts in Japan, the marketing system effectively checks the faults.

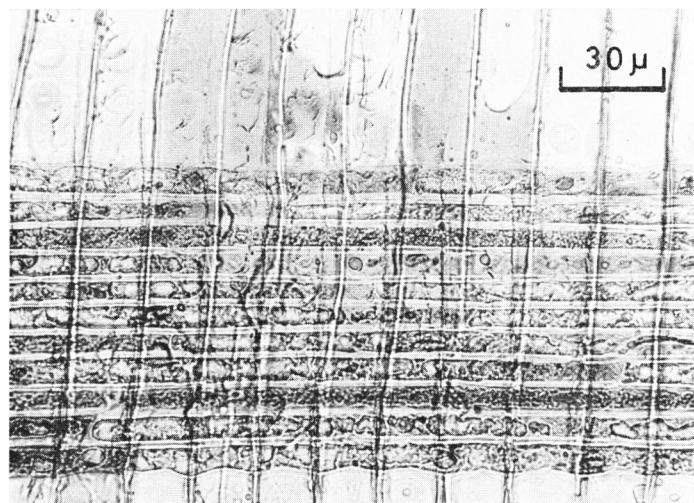


写真1 ボタン材半径切片の光学顕微鏡写真。放射柔細胞および仮道管中の着色物質を示す。

Photo. 1. Light micrograph of a radial section of BOTAN wood, showing the discolored substances in the ray parenchyma cells and tracheids.

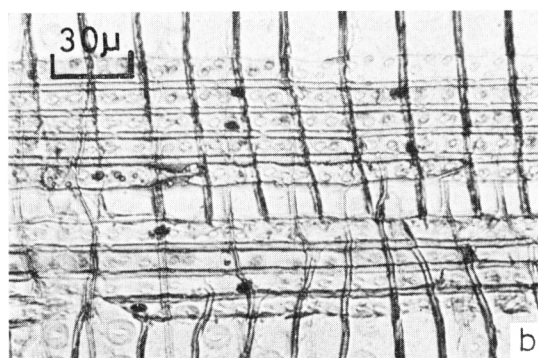
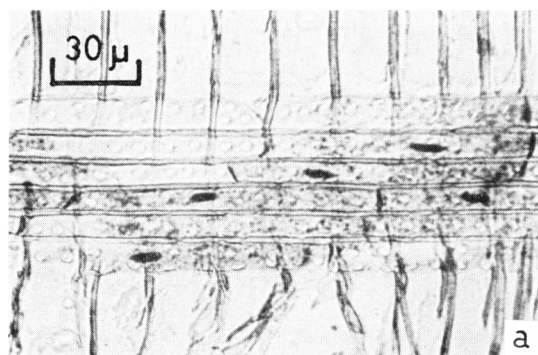


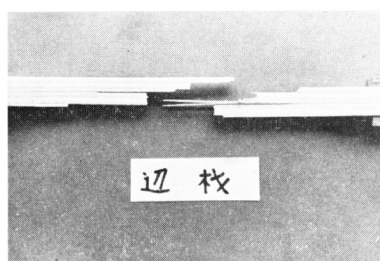
写真2 放射柔細胞中の核を示す光学顕微鏡写真。

a. 辺材外部, b. ボタン材

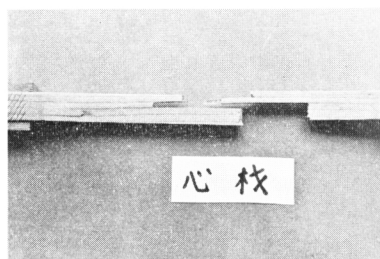
Photo. 2. Nuclei in the ray parenchyma cells.

a. outer part of sapwood.

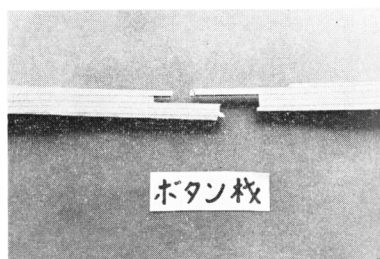
b. transition zone from sapwood to BOTAN wood.



(a) Sapwood



(b) Heartwood



(c) BOTAN wood

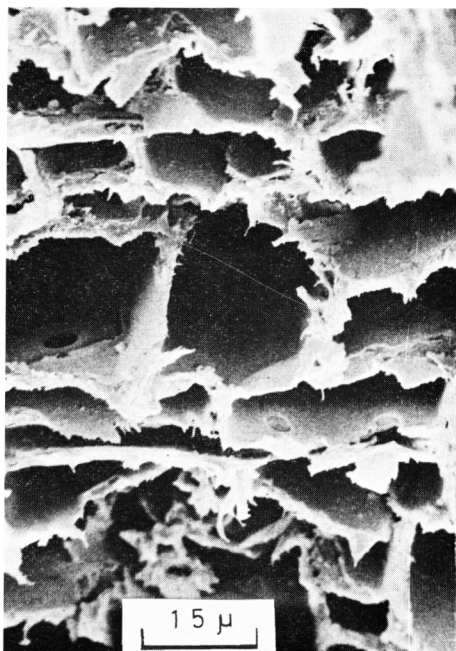
写真3 引張試験による破壊状態。

(a) 辺材, (b) 心材, (c) ボタン材

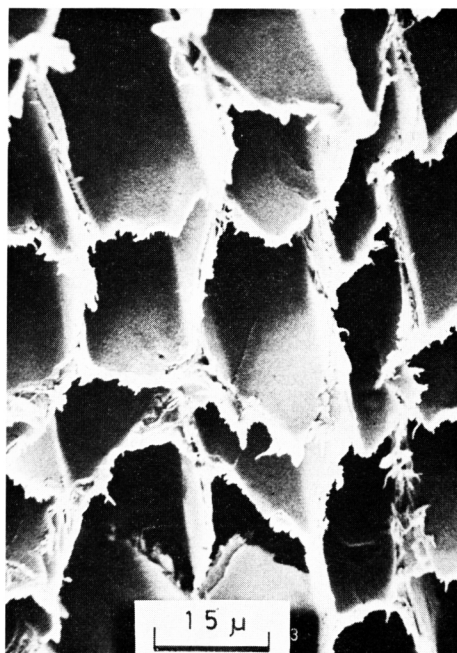
Photo. 3. Rupture condition by tension test.



(a) Sapwood



(b) Heartwood



(c) BOTAN wood

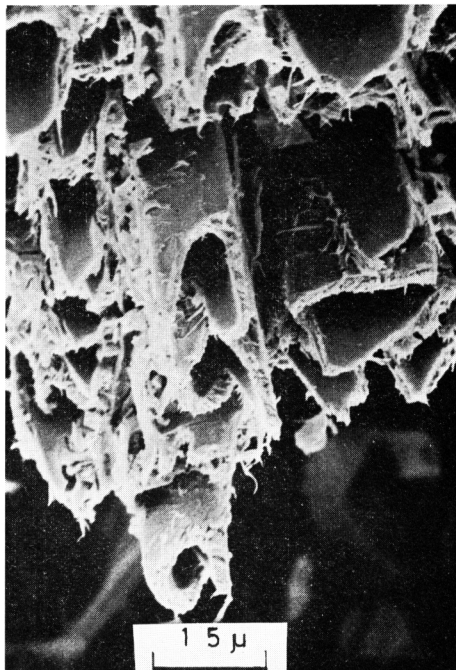
写真4 引張試験による破壊面の走査型電子顕微鏡写真（春材）。

(a) 辺材, (b) 心材, (c) ボタン材

Photo. 4. Scanning electron microphotographs of rupture surface at spring wood given on tension test.



(a) Heartwood

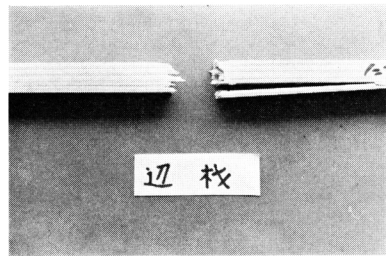


(b) BOTAN wood

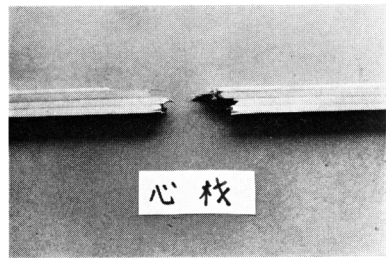
写真5 引張試験による破壊面の走査型電子顕微鏡写真(夏材)。

(a) 心材, (b) ボタン材

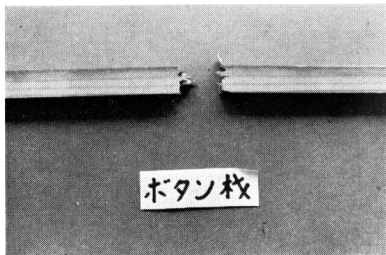
Photo. 5. Scanning electron microphotographs of rupture surface at summer wood given on tension test.



(a) Sapwood



(b) Heartwood



(c) BOTAN wood

写真6 衝撃曲げ試験による破壊状態。

(a) 辺材, (b) 心材, (c) ボタン材

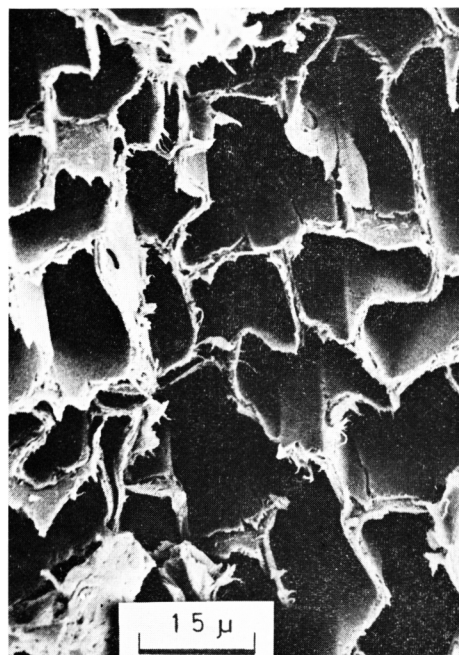
Photo. 6. Rupture condition by impact bending test.



(a) Sapwood



(b) Heartwood



(c) BOTAN wood

写真7 衝撃曲げ試験による破壊面の走査型電子顕微鏡写真（春材）。

(a) 辺材, (b) 心材, (c) ボタン材

Photo. 7. Scanning electron microphotographs of rupture surface at spring wood given on impact bending test.